

## РЕНТГЕНОГРАФИЯ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ПОЗВОНКОВ

**А.С. Неред, Н.В. Кочергина, А.Б. Блудов, Я.А. Щипахина, Л.Е. Ротобельская, А.К. Валиев, К.А. Борзов, Э.Р. Мусаев**

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава РФ.  
E-mail: ninkve@mail.ru

### Реферат

Изучены данные рентгенографии 106 позвонков с патологическими переломами. Чувствительность метода составляет 92,9 %. Это указывает на высокую точность рентгенографии в определении группы с переломами позвонков на фоне остеопороза. Показатель специфичности ниже и составляет 81 %, что свидетельствует об ограничениях данного метода в определении группы с переломами на фоне опухолевого поражения.

**Ключевые слова:** патологические переломы позвонков, рентгенография, весовые коэффициенты информативности, решающее правило диагностики

### Введение

Большинство патологических компрессионных переломов позвонков имеет доброкачественную природу и чаще обусловлено остеопорозом [1]. При этом их распространенность увеличивается с возрастом и коррелирует со снижением минеральной плотности костной ткани. Второй по частоте причиной развития патологических переломов позвонков является опухолевое поражение. По данным некоторых авторов, наиболее часто в кости метастазирует рак молочной железы (72 %), предстательной железы (87 %), щитовидной железы (50 %), легкого (31 %) и почки (37 %). Поражение костной системы при миеломной болезни встречается в 70–95 % случаев [2]. Компрессия спинного мозга обусловлена метастазами рака молочной железы, предстательной железы, легкого в 15–20 % случаев (для каждой нозологии), а метастазами рака почки и поражением позвоночника при лимфоме и миеломной болезни – в 5–10 % [3]. У 20 % больных онкологическое заболевание манифестировалось неврологическим дефицитом вследствие метастатического поражения позвоночника.

Активное применение методов визуализации переломов позвонков началось с появле-

нием рентгенографии еще в 1929 г. Это было обусловлено, в первую очередь, необходимостью выбора тактики лечения. С развитием как хирургических, так и консервативных методов лечения онкологических заболеваний и появлением возможности продления жизни пациентов даже с IV стадией болезни, возросла необходимость в дифференциальной диагностике патологических переломов позвонков. Особое место занимают пациенты с уже подтвержденным онкологическим диагнозом, у которых необходимо исключить метастатическое поражение костной системы. Активное применение лучевой терапии, гормональной терапии в плане комплексного лечения таких больных может, в свою очередь, приводить к развитию вторичного остеопороза и, как следствие, к патологическим переломам на его фоне. В связи с этим методы лучевой диагностики приобретают особую актуальность в решении вопроса о дальнейшей тактике лечения.

Рентгенография была первым методом лучевой диагностики, с помощью которого выявляли патологические переломы позвонков. Очаг литической деструкции может быть выявлен при рентгенологическом исследовании, если его размер более 1 см в диаметре, а плотность костной ткани в указанном очаге снижена

не менее чем на 50 %. Поскольку рентгенологический метод не во всех случаях способен четко определить перестройку костной структуры, были выработаны косвенные признаки «злокачественного» перелома. Локализация перелома выше позвонка Th7 в большей степени свидетельствует об опухолевом характере перелома [4]. Другим признаком злокачественного характера перелома является тип деформации позвонка. Считается, что для «опухолевого» перелома характерна задняя клиновидная деформация, в то время как для «остеопорозного» – передняя клиновидная или деформация по типу «рыбьего» позвонка [4]. Еще один симптом, предполагающий доброкачественную этиологию перелома, предложен Maldague et al в 1978 г. [5]. Он характеризуется скоплением газа внутри тела поломанного позвонка («внутрипозвонковый вакуум-симптом») и коррелирует с ишемическими нарушениями, которые препятствуют репаративным процессам.

По результатам исследования, проведенного в 1986 г., выявлено, что основным дифференциально-диагностическим критерием этиологии перелома являлся вид деформации замыкательных пластин тел позвонков. Для «остеопорозных» переломов характерен диффузно-вогнутый вид деформации как верхней, так и нижней замыкательной пластин. Это обусловлено равномерным снижением минеральной плотности костной ткани всего позвонка и распределением осевой нагрузки. Для переломов на фоне опухолевого поражения характерен как диффузно-, так и фокально-угловой вид деформации замыкательных пластин. Такой вид деформации, вероятнее всего, связан с локальным субхондральным обеднением костной ткани за счет метастатического поражения [6].

Ряд опухолевых процессов, например миелома, могут сопровождаться остеопорозом, а некоторые виды противоопухолевого лечения (гормонотерапия) способны приводить к его развитию.

Таким образом, стандартную рентгенографию следует в большей степени рассматривать как метод скрининга для выявления переломов позвонков с последующей уточняющей диагностикой с помощью более информативных методов исследования. Однако данный метод не те-

ряет своей актуальности в связи с его высокой доступностью, следовательно, целесообразно оценить возможности рентгенографии в дифференциальной диагностике патологических переломов позвонков.

## Материал и методы

В базу данных были включены сведения о 87 больных. Все пациенты обследованы в отделе лучевой диагностики и интервенционной радиологии НИИ клинической онкологии НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина. Значительно преобладали пациенты женского пола в соотношении 2,1:1. Их количество составило 59 пациенток, мужского пола – 28 чел. Возраст больных варьировал в пределах от 19 до 81 года. В изучаемой группе преобладали больные в возрасте 48–69 лет. Средний возраст составил 56 лет.

В общей сложности у 87 больных было выявлено 154 позвонка с патологическими переломами. Наиболее часто переломы позвонков локализовались в грудном отделе позвоночника – 83 перелома (54 %), затем следовали поясничный отдел – 62 перелома (40 %), шейный отдел – 7 (5 %), крестцовый отдел – 2 (1 %). 23 перелома (15 %) локализовались выше позвонка Th7, 131 (85 %) – с уровня позвонка Th7 и ниже. У 83 пациентов (95 %) в анамнезе имелось онкологическое заболевание. 4 (5 %) пациента были без онкологического анамнеза. У 24 (28 %) больных в анамнезе имелась неадекватная травма (падение с высоты собственного роста, повышенная осевая нагрузка), у 63 (72 %) пациентов анамнестических указаний на травму не выявлено.

С целью верификации диагноза 51 (59 %) больному проведена трепанобиопсия позвонка или паравертебрального внекостного компонента. У 36 (41 %) пациентов диагноз подтвержден динамическим наблюдением в течение не менее 6 месяцев.

По результатам проведенного гистологического исследования и динамического наблюдения остеопороз был причиной переломов 49 позвонков (32 %), опухолевое поражение – 105 позвонков (68 %), из них 101 позвонок – на фоне первичной или метастатической зло-

качественной опухоли, 4 позвонка – на фоне гемангиом.

Из 154 позвонков с патологическими переломами в анализ результатов рентгенографии были включены данные 106 позвонков. Группа переломов позвонков на фоне остеопороза – 37 позвонков (35 %). Позвонков с переломами на фоне опухолевого поражения было 69 (65 %).

Для анализа использовались данные, полученные на аппарате Siemens Siregraph с выполнением планарной рентгенографии в двух проекциях, в ряде случаев дополненной линейной томографией.

Для анализа были отобраны следующие семиотические признаки:

- влияние позвонка с патологическим переломом на общую статику позвоночника;
- степень снижения высоты тела позвонка по генант;
- вид деформации тела позвонка;
- вертикальная исчерченность тела позвонка («рубашка регбиста», симптом «вельвета»);
- распространенность вертикальной исчерченности по позвоночнику;
- симптом «горошка» в поломанном позвонке;
- распространенность симптома «горошка» по позвоночнику;
- снижение плотности во всех позвонках;
- уплотнение костной структуры под замыкающей пластиной поломанного позвонка;
- внутрипозвоночный «вакуум»-феномен тела поломанного позвонка;
- «вакуум»-феномен смежных межпозвоноковых дисков;
- истончение коркового слоя тела позвонка;
- разрушение коркового слоя тела позвонка;
- вздутие коркового слоя тела позвонка;
- литическая деструкция в пораженном позвонке;
- смешанная деструкция в пораженном позвонке;
- пластическая деструкция в пораженном позвонке;
- ячеистая деструкция в пораженном позвонке;
- распространение деструкции на задний комплекс позвонка;
- очаги деструкции в других позвонках (без переломов);
- состояние позвоночного канала;

- состояние межпозвоноковых отверстий;
- линия перелома тела позвонка;
- наличие внекостного компонента;
- наличие костных отломков;
- характер границ деструкции;
- размеры деструкции (литической, смешанной);
- распространение опухоли на смежные позвонки.

Для обработки признаков лучевой диагностики патологических переломов позвонков был применен пакет программ «АСТА», созданный в лаборатории медицинской кибернетики НИМЦ онкологии им. Н.Н. Блохина для оценки медико-биологических данных. С помощью этих программ были проведены: бинарная статистика с вычислением коэффициентов Стьюдента, анализ на основании тестов хи-квадрат и точного критерия Фишера. Вычислялись коэффициенты информативности Вапника–Червоненкиса. Многофакторный анализ клинико-лучевых признаков состоял в построении решающих правил по методу Байеса на основе различных наборов признаков. При многофакторном анализе каждый признак приобретал весовой коэффициент информативности (ВКИ), который определялся частотой встречаемости данного признака в группах остеопорозных и опухолевых переломов позвонков. В последующем на основании совокупности признаков с их ВКИ создавалось решающее правило дифференциальной диагностики.

Диагностическую точность рентгенографии в группах с переломами позвонков на фоне остеопороза и на фоне опухолевого поражения оценивали с помощью показателей чувствительности, специфичности и точности, прогностической ценности положительного (ПЦПР) и отрицательного (ПЦОР) результатов.

Чувствительность в контексте данного исследования – это способность метода выявлять группу с остеопорозными переломами позвонков:

$$Ч (\%) = \frac{ИПР}{ИПР+ЛОР} \times 100. \quad (1)$$

Специфичность в контексте данного исследования – это способность метода выявлять группу с опухолевыми переломами позвонков:

$$С (\%) = \frac{ИОР}{ИОР+ЛПР} \times 100. \quad (2)$$

Прогностическая ценность положительного результата (ПЦПР):

$$\text{ПЦПР (\%)} = \frac{\text{ИПР}}{\text{ИПР} + \text{ЛПР}} \times 100. \quad (3)$$

Прогностическая ценность отрицательного результата (ПЦОР):

$$\text{ПЦОР (\%)} = \frac{\text{ИОР}}{\text{ИОР} + \text{ЛОР}} \times 100. \quad (4)$$

Точность – степень близости полученного результата к принятому опорному значению (в данном исследовании – к 100 %).

$$\text{T (\%)} = \frac{\text{ИОР} + \text{ИПР}}{\text{Общее количество наблюдений}} \times 100. \quad (5)$$



Рис. 1. Стандартная рентгенография. Больная И., 75 лет. Рак молочной железы. Направительный диагноз: Метастатическое поражение позвонка L2? Патологический перелом. Заключение решающего правила: Патологический перелом тела позвонка L2 на фоне остеопороза. Тело позвонка L2 с патологическим переломом 2 степени (+13) и деформацией по типу «рыбьего позвонка» (+72). Признаков разрушения коркового слоя (+45), наличия литической (+67) или смешанной (+61) деструкции не выявлено. Поражения заднего комплекса (+108) и очагов деструкции в других позвонках зоны исследования (+58) не выявлено. Позвоночный канал (+61) и межпозвоночные отверстия (+55) интактны. Определяется диффузное снижение плотности всех позвонков в зоне исследования (+71). Сумма ВКИ решающего правила составила (+611), и она больше порогового значения, что позволяет отнести его в группу переломов на фоне остеопороза. Данный случай является истинно-положительным результатом

## Результаты

Для разработки семиотики стандартной рентгенографии для дифференциальной диагностики опухолевых и неопухолевых деформаций проанализированы данные по 106 позвонкам с патологическими переломами. Из них – 37 остеопорозного характера (35 %) и 69 опухолевого (65 %) (см. рис. 1 и 2).

Для создания решающего правила в обучающую выборку были включены данные 71 по-



Рис. 2. Стандартная рентгенография. Больной К., 66 лет. Рак почки. Направительный диагноз: Метастатическое поражение Th11 позвонка? Патологический перелом. Заключение решающего правила: Патологический перелом на фоне опухолевого поражения. Тело позвонка Th11 с патологическим переломом 2 степени (+13) и передней клиновидной деформацией (+66). В теле указанного позвонка определяется зона литической деструкции (-236) с разрушением коркового слоя (-224), которая имеет четкие контуры (-149) и занимает половину тела позвонка (-232). Состояние позвоночного канала оценить затруднительно (-106), межпозвоночные отверстия интактны (+55). Очаги деструкции в других позвонках зоны исследования не определяются (+58). Сумма ВКИ решающего правила составила (-755), и это меньше порогового значения, что позволяет отнести его в группу переломов на фоне опухолевого поражения. Данный случай является истинно-отрицательным результатом

звонка с патологическими переломами. Из них – 24 остеопорозного характера и 47 опухолевого. Из 30 указанных выше признаков, нами отобраны 13 наиболее информативных, на основе которых было сформировано решающее правило. Пороговое значение разграничения групп позвонков с опухолевыми и неопухолевыми пе-

реломами составило 0. Признаки, характерные для группы позвонков с опухолевыми переломами, имеют значение меньше порогового ( $<0$ ), а для группы позвонков с неопухолевыми переломами больше или равное пороговому ( $\geq 0$ ).

Как показано в табл. 1, для группы позвонков с патологическими переломами на фоне

Таблица 1

### Признаки рентгенографии с весовым коэффициентом информативности

Позвонки с опухолевыми переломами	Признак	Позвонки с неопухолевыми переломами
Степень снижения высоты тела позвонка по Genant et al.		
	1 степень	+49
	2 степень	+13
-121	3 степень	
-40	Невозможно оценить	
Вид деформации тела позвонка		
	Передняя клиновидная	+66
	Задняя клиновидная	+3
	«Рыбий» позвонок	+72
	Crush-деформация	+65
-11	Смешанная	
-182	Боковая	
-136	Vertebra plana	
-55	Невозможно оценить	
Вертикальная исчерченность («рубашка регбиста», «симптом» вельвета) выявляется		
	Во всех позвонках	+61
	Только в пораженном позвонке	+46
-95	Не выявляется	
	Невозможно оценить	+6
Снижение плотности (во всех позвонках)		
	Да	+71
-201	Нет	
-22	Невозможно оценить	
Разрушение коркового слоя пораженного позвонка		
-224	Да	
	Нет	45
-107	Невозможно оценить	
Литическая деструкция в пораженном позвонке		
-236	Да	
	Нет	+67
-143	Невозможно оценить	

Позвонки с опухолевыми переломами	Признак	Позвонки с неопухолевыми переломами
Смешанная деструкция в пораженном позвонке		
-115	С преобладанием пластического компонента	
-115	С преобладанием литического компонента	
-64	В равной степени	
	Нет	+61
-93	Невозможно оценить	
Распространение деструкции на задний комплекс позвонка		
-253	Одностороннее	
-115	Двухстороннее	
	Не изменен	+108
-161	Невозможно оценить	
Очаги деструкции в других позвонках (без переломов)		
-271	Да	
	Нет	+58
-161	Невозможно оценить	
Состояние позвоночного канала на уровне перелома		
	Интактен	+61
-217	Сужен	
-106	Невозможно оценить	
Состояние межпозвоноковых отверстий на уровне перелома		
	Интактны	+55
-114	Сужены	
-143	Невозможно оценить	
Наличие костных отломков		
-47	Да	
	Нет	+30
-56	Невозможно оценить	
Характер границы деструкции		
	Границы не определяются	+206
-238	Определяются нечетко	
-149	Четкие	
	Склерозированные	+45
	«Фестончатые»	+45
-127	Невозможно оценить	
Размеры деструкции		
-195	Все тело позвонка	
-232	½ тела позвонка	
-134	2/3 тела позвонка	
-65	Множественные очаги в одном позвонке	
	Не определяется	+206
-98	Нельзя оценить	

остеопороза наибольшей информативностью обладал признак отсутствия деструкции в теле позвонка с патологическим переломом при ВКИ = +206. Далее в порядке убывания информативности следовали: неизменный задний комплекс позвонка с патологическим переломом (+108), деформация по типу «рыбьего позвонка» (+72), снижение плотности костной ткани во всех позвонках зоны исследования (+71), отсутствие литической деструкции в теле позвонка с патологическим переломом (+67), передняя клиновидная (+66) и crush – деформация (+65) тела позвонка с патологическим переломом. Одинаковыми ВКИ (+61) обладали признаки: вертикальная исчерченность во всех позвонках зоны исследования, интактный позвоночный канал, отсутствие смешанной деструкции. Наименее информативным признаком оказался задний клиновидный вид деформации с ВКИ (+3).

Для группы позвонков с патологическими переломами на фоне опухолевого поражения наибольшей информативностью обладал признак наличия очагов деструкции в других позвонках при ВКИ = -271. Далее в порядке убывания информативности следовали: одностороннее распространение деструкции на задний комплекс позвонка (-253), нечеткие границы деструкции (-238), выявление литической деструкции в позвонке с патологическим переломом (-236), размеры деструкции более половины тела позвонка (-232), разрушение коркового слоя позвонка (-224), сужение позвоночного канала (-217), отсутствие снижения плотности костной ткани всех позвонков в зоне исследования (-201). Наименее информативным признаком оказался смешанный тип деформации

(-11). Обращает на себя внимание тот факт, что практически во всех случаях, когда невозможно оценить признак за счет объективных ограничений, данная градация принимает отрицательное значение ВКИ и может достигать (-161), что способствует отнесению объекта в группу опухолевых переломов.

Для уточнения информативности решающего правила сформирована экзаменационная выборка, которая включала в себя данные для 35 позвонков с патологическими переломами. Из них 13 позвонков с переломами остеопорозного характера и 22 – опухолевого.

Параметры информативности обучающей и экзаменационной выборок представлены в табл. 2.

Как показано в табл. 2, показатели чувствительности, специфичности, прогностической ценности положительного и отрицательного результатов в обучающей и экзаменационной выборках сопоставимы между собой. Чувствительность метода составила 92,9 %, специфичность 81 %.

## Обсуждение

Следует отметить, что показатель чувствительности выше показателя специфичности, что указывает на более высокую информативность рентгенографии в выявлении группы позвонков с патологическими переломами на фоне остеопороза. Более низкий показатель специфичности, т.е. недостаточная способность данного метода выявлять группу позвонков с патологическими переломами на фоне опухолевого поражения, можно объяснить рядом причин.

Таблица 2

### Показатели информативности стандартной рентгенографии

Показатель	Обучающая выборка, %	Экзаменационная выборка, %
Чувствительность	92,9	92,8
ПЦПР	74,5	76,5
Специфичность	81	80,9
ПЦОР	96,3	94,4
Точность	85,7	85,7

Необходимо учитывать ограничение возможностей рентгенографии за счет суммации изображений, т.е. наложения легочного рисунка при исследовании грудного отдела позвоночника, наложения кишечного содержимого и газа при исследовании поясничного отдела позвоночника. В связи с этим возможность выявления очагов менее 1 см в диаметре значительно затруднена. Также необходимо учитывать, что на фоне общего снижения плотности костной ткани рентгенологически выявить литическую деструкцию крайне сложно из-за отсутствия элемента сравнения. В нашем исследовании гиподиагностика позвонков с патологическими переломами на фоне опухолевого поражения наблюдалась в случаях либо с множественными мелкими очагами, локализованными в позвонке с патологическим переломом, либо при тотальном поражении тела позвонка на фоне генерализованного остеопороза.

Вторая группа ошибок связана с отнесением позвонков с переломами на фоне гемангиом в группу неопухолевых деформаций. Это обусловлено отсутствием при данной патологии высокоинформативных признаков опухолевого характера перелома, таких как наличие очагов деструкции в других позвонках, распространения поражения на задний комплекс позвонка, нечеткой границы деструкции и литического ее характера.

При сравнении полученных результатов с данными литературы стоит отметить, что нами не было найдено работ с полноценным исследованием данного метода для определения его информативности в дифференциальной диагностике патологических переломов позвонков. При анализе отдельно взятых признаков выявлен ряд особенностей. В соответствии с Sartoris et al. [5], нами также не было выявлено достоверных различий в локализации опухолевых и остеопорозных переломов позвонков. И в том и в другом случае наиболее часто поражается грудной отдел позвоночника, что связано как с особенностями кровоснабжения, так и с распределением осевой нагрузки. По нашим данным,

так же как и по результатам Link et al. [4], для остеопорозного перелома характерна передняя клиновидная деформация либо деформация по типу «рыбьего» позвонка. При опухолевом переломе в настоящем исследовании наиболее часто наблюдается боковая клиновидная деформация либо *vertebra plana*, в то время как по данным литературы для него характерна задняя клиновидная деформация [4]. По результатам нашей работы симптом внутривозвонкового «вакуум»-феномена оказался малоинформативным, что также не соответствует данным литературных источников [5].

## Выводы

1. Возможности метода ограничены разрешающей способностью аппаратуры и форматом плоскостного изображения.

2. Рентгенография является информативным методом дифференциальной диагностики патологических переломов позвонков: чувствительность 92,9 %, специфичность 81 %.

## Список литературы

1. Flemming D.J. et al. Primary tumors of the spine // *Semin. Musculoskelet Radiol.* 2000. Vol. 4. № 3. P. 299–320.
2. Coleman R.E. Metastatic bone disease: clinical features, pathophysiology and treatment strategies // *Cancer Treat. Rev.* 2001. Vol. 27. P. 165–176.
3. Levack P., Graham J., Collie D. et al. Don't wait for the sensory level – listen to the symptoms: a prospective audit of the delays in diagnosis of malignant cord compression. Scottish Cord Compression Study Group // *R. Coll. Radiol.* 2002. Vol. 14. P. 472–480.
4. Link T., Guglielmi G., van Kuijk C. et al. Radiologic assessment of osteoporotic vertebral fractures: diagnostic and prognostic implications // *Eur. Radiol.* 2005. Vol. 15. P. 1521–1532.
5. Maldague B.E., Henry M. et al. The intravertebral vacuum cleft: a sign of ischemic vertebral collapse // *Radiology.* 1978. Vol. 129. P. 23–29.
6. Sartoris D., Clopton P., Nemcek A. et al. Vertebral body collapse in focal and diffuse disease: patterns of pathologic processes // *Radiology.* 1986. Vol. 160. P. 479–483.



## **X-Ray Radiology in Differential Diagnostics of Pathological Vertebral Fractures**

**A.S. Nered, N.V. Kochergina, A.B. Bludov, Ya.A. Shchipakhina, L.E. Rotobelskaya,  
A.K. Valiev, K.A. Borzov, E.R. Musaev**

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia. E-mail: ninkve@mail.ru

### **Abstract**

Examination data of X-Ray of 106 pathological vertebral fractures were studied. The sensitivity of the method was 92.9 %. This indicates the high accuracy of X-Ray in determining the group with osteoporotic vertebral fractures. The specificity is lower and amounts 81 %, indicating the limitations of this method in determining the group with pathologic fractures on the background of the tumor lesion.

**Key words:** *pathological vertebral fractures, X-Ray, informative value index, decision rule of diagnostics*